

CHƯƠNG I:

MỞ ĐẦU
FUNDAMENTAL CONCEPTS & FLUID PROPERTIES

↓1.1 ĐỊNH NGHĨA MÔN HỌC, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.

I. Định nghĩa môn học, phạm vi ứng dụng:

II. Đối tượng nghiên cứu:

III. Phương pháp nghiên cứu môn học:

↓1.2 NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG.

I. Khối lượng riêng của chất lỏng ρ

II. Trọng lượng riêng của chất lỏng γ

III. Tính thay đổi thể tích do áp lực và nhiệt độ

1. Tính thay đổi thể tích do áp lực

2. Tính thay đổi thể tích do nhiệt độ

IV. Sức căng bề mặt và hiện tượng mao dẫn

V. Tính nhớt

VI. Hai loại lực tác dụng lên một thể tích chất lỏng

BÀI TẬP CHƯƠNG I

CHƯƠNG 1**MỞ ĐẦU****FUNDAMENTAL CONCEPTS & FLUID PROPERTIES****↓1.1 ĐỊNH NGHĨA MÔN HỌC, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU****I. Định nghĩa môn học, phạm vi ứng dụng:****Định nghĩa:**

Thủy lực là môn khoa học cơ sở ứng dụng nhằm nghiên cứu những qui luật cân bằng, chuyển động của chất lỏng và ứng dụng những qui luật này vào thực tế sản xuất.

Phạm vi ứng dụng:

Thủy lực học được dùng trong nhiều ngành kỹ thuật như: thủy lợi, giao thông thủy, cơ khí, cấp thoát nước...

II. Đối tượng nghiên cứu

Là chất lỏng, có tính chất

- Tính chảy

Do lực liên kết giữa các phần tử chất lỏng yếu nên có tính di động dễ chảy hay nói một cách khác là nó có tính chảy.

Thể hiện ở chỗ: Các phần tử chuyển động tương đối với nhau, chất lỏng không có hình dạng riêng biệt mà phụ thuộc vào hình dạng của bình chứa chất lỏng.

- Tính không nén, không dẫn được

Do khoảng cách giữa các phần tử trong chất lỏng nhỏ so với chất khí nên sinh ra sức dính phân tử rất lớn làm cho thể tích chất lỏng hầu như không đổi khi có sự thay đổi về áp suất, nhiệt độ.

- Tính liên tục

Chất lỏng được xem như môi trường liên tục, tức là gồm vô số những phần tử chất lỏng chiếm đầy không gian. Từ đó xây dựng được các phương trình mô tả ở dạng vi phân, tích phân.

III. Phương pháp nghiên cứu môn học:

Cơ sở lý luận của môn học thủy lực là vật lý, cơ học lý thuyết, cơ học chất lỏng. Bản thân thủy lực học lại là cơ sở để nghiên cứu những môn chuyên môn:

- Xây dựng công trình thủy lợi: Thủy điện, thủy công, trạm bơm, kênh dẫn..
- Xây dựng dân dụng, cầu cảng, cấp thoát nước, cầu đường ...
- Chế tạo máy thủy lực: bơm, tuốc-bin, động cơ thủy, truyền động thủy lực...

↓1.2 NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG

I. Khối lượng riêng của chất lỏng ρ

- Là khối lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng.

$$\rho = \frac{M}{W}$$

ρ : khối lượng riêng,

M: khối lượng của thể tích W,

W: thể tích có khối lượng M.

$$[\rho] = \frac{[M]}{[W]} = \frac{[M]}{[L]^3} = \frac{[F]}{([a] \times [W])} = \frac{[F][T]^2}{[L]^4}$$

- Đơn vị của ρ là: kg/m^3 , T/m^3 , g/cm^3 , NS^2/m^4
- Ở 4°C : $\rho_{\text{nước}} = 1000\text{kg/m}^3$

II. Trọng lượng riêng của chất lỏng γ

- Là trọng lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng

$$\gamma = \frac{P}{W}$$

γ : Trọng lượng riêng,

P : Trọng lượng của khối chất lỏng có thể tích W,

W : Thể tích khối chất lỏng có trọng lượng P.

- Với chất lỏng đồng chất thì trọng lượng riêng chính bằng:

$$\gamma = \rho \times g$$

Với g: gia tốc rơi tự do.

Vì $P = M \times g$ nên:

$$\gamma = \frac{P}{W} = \frac{M \times g}{W} = g \left[\frac{M}{W} \right] = g \times \rho$$

Thứ nguyên của trọng lượng đơn vị:

$$[\gamma] = \frac{[F]}{[L]^3}$$

Đơn vị của γ : N/m^3 , $(\text{Kg/S}^2)/\text{m}^2$.

Ở 4°C : $\gamma_{\text{nước}} = 1000\text{kg/m}^3 = 9810\text{N/m}^3$ ($1\text{N} = 0.102\text{KG}$)

❖ **Tỷ khối:** Là tỷ số giữa khối lượng riêng của chất lỏng với khối lượng riêng của nước ở $t^0 = 4^\circ\text{C}$.

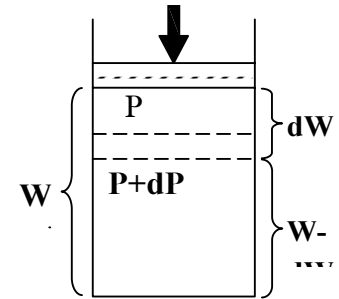
- ❖ **Tỷ trọng:** Là tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất lỏng với trọng lượng riêng của nước ở $t^0=4^0C$.

III. Tính thay đổi thể tích do áp suất và nhiệt độ:

1. Tính thay đổi thể tích do áp suất:

- Khi áp suất tăng từ P lên $P+dP$ thì thể tích vật thể giảm từ W xuống $W - dW$.
- Tính nén của chất lỏng được đặc trưng bằng hệ số co thể tích β_w , để biểu thị sự giảm tương đối của thể tích chất lỏng W ứng với sự tăng áp suất P lên một đơn vị áp suất.

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dP} \quad (m^2/N)$$



- Thực nghiệm chứng tỏ: Trong phạm vi áp suất thay đổi từ 1 đến 500 at và nhiệt độ từ 0 đến 20^0C thì $\beta_w = 0,00005 \text{ (cm}^2/KG) \approx 0$. Như vậy trong thủy lực chất lỏng coi như không nén được.

- Đại lượng nghịch đảo của của hệ số co thể tích gọi là mô đun đàn hồi K .

$$K = \frac{1}{\beta_w} = -W \frac{dP}{dW} \quad (N/m^2)$$

2. Tính thay đổi thể tích do nhiệt độ:

- Khi thay đổi nhiệt độ dùng hệ số co giãn vì nhiệt β_t , để biểu thị sự biến đổi của thể tích chất lỏng W ứng với sự tăng nhiệt độ t lên 1^0C .

$$\beta_T = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt}$$

- Thí nghiệm cho thấy: Trong điều kiện áp suất bằng áp suất khí trời Pa thì:

Khi $t = 4^0C$ đến 10^0C thì $\beta_T = 0,00014$.

$t = 10^0C$ đến 20^0C thì $\beta_T = 0,00015$.

Như vậy: Trong thủy lực chất lỏng coi như không co giãn dưới tác dụng của nhiệt độ.

➤ **Tóm lại:** Trong thủy lực, chất lỏng thường được coi là có tính chất không thay đổi thể tích mặc dù có sự thay đổi về áp lực hoặc nhiệt độ tức $\beta_T \approx 0$, $\beta_w \approx 0$

IV. Sức căng bề mặt và hiện tượng mao dẫn:

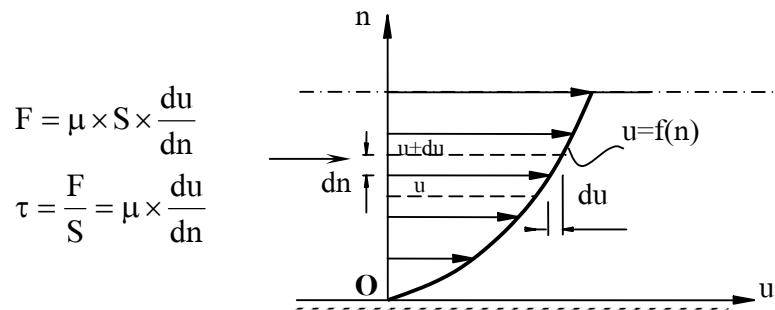
- Mỗi phần tử chất lỏng chịu lực hút cân bằng theo mọi phía từ các phần tử chất lỏng khác bao quanh nó.
- Tại mặt thoáng hay mặt tiếp xúc giữa hai loại chất lỏng khác nhau, lực hút này không còn cân bằng - tại mặt thoáng các phần tử trên bề mặt bị kéo vào bên trong khối chất lỏng, gọi là sức căng mặt ngoài:

➔ làm cho bề mặt chất lỏng giống như một tấm màng mỏng chịu lực căng.

- Sức căng mặt ngoài rất nhỏ so với các lực khác, cho nên phần lớn các tính toán thủy lực người ta không xét đến hiện tượng này.

V. Tính nhớt

- Khi chất lỏng chuyển động, giữa chúng có sự chuyển động tương đối, làm sinh ra lực ma sát trong. Đây là nguyên nhân sinh ra tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động. Đặc tính này gọi là tính nhớt.
- Công do lực nhớt sinh ra biến thành nhiệt năng không thu hồi lại được. Các lực nhớt sinh ra có liên quan đến lực hút phân tử trong chất lỏng.
- Thí dụ về tính nhớt: Khi ta đổ dầu hỏa, nước lã, dầu nhờn ra nền nhà thì tốc độ chảy của nó khác nhau. Đó là do mỗi chất lỏng có lực dính nhớt trong nội bộ khác nhau.
- Newton đã đưa ra giả thiết về quy luật ma sát trong và đã được thực nghiệm xác nhận: *"Sức ma sát giữa các lớp của chất lỏng chuyển động thì tỷ lệ với diện tích tiếp xúc của các lớp ấy, không phụ thuộc vào áp lực, mà phụ thuộc vào Gradient vận tốc theo chiều thẳng góc với phương chuyển động và phụ thuộc vào loại chất lỏng"*.



Biểu đồ phân bố vận tốc

Trong đó: F: sức ma sát giữa hai lớp chất lỏng

T: ứng suất tiếp

S: diện tích tiếp xúc

u: vận tốc, $u = f(n)$ - qui luật phân bố vận tốc theo phương n.

$\frac{du}{dn}$: Gradient vận tốc theo phương n (đạo hàm của u với n).

μ : hệ số nhớt (hệ số động lực nhớt), là hằng số tỉ lệ phụ thuộc vào loại chất lỏng.

Thứ nguyên của μ :

$$[\mu] = \frac{[F]}{[S \frac{du}{dn}]} = \frac{[F]}{[L^2 \frac{L/T}{L}]} = \frac{[F][T]}{[L^2]} = \frac{[M.L/T^2.T]}{[L^2]} = \frac{[M]}{[L][T]}$$

Đơn vị: N.s/m² ; kg/s.m

Tính nhớt còn được đặc trưng bởi hệ số nhớt động học: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

Thứ nguyên của ν :

- Đơn vị: m²/s; cm²/s.

- Loại chất lỏng tuân theo định luật ma sát trong của Newton gọi là chất lỏng thực hoặc chất lỏng Newton. Môn thủy lực nghiên cứu chất lỏng này.

- Các loại chất lỏng như sơn, hồ không tuân theo định luật ma sát trong gọi là chất lỏng phi Newton.

- Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng tưởng tượng không có tính nhớt.

Tóm lại: Trong những đặc tính vật lý cơ bản nói trên của chất lỏng, đặc tính có khối lượng, có trọng lượng, có tính nhớt là những đặc tính quan trọng nhất.

VI. Hai loại lực tác dụng lên một thể tích chất lỏng

Xét một thể tích chất lỏng, chứa trong mặt cong S. Những lực tác dụng lên thể tích chất lỏng chia làm hai loại:

+ Lực khối: Là những lực tỷ lệ với khối lượng chất lỏng, tác dụng lên mỗi phân tử chất lỏng như: Lực quán tính, trọng lực, lực điện từ. Thông thường lực khối là trọng lực, trừ một số trường hợp đặc biệt phải xét thêm lực quán tính.

+ Lực bề mặt: Là lực từ ngoài tác dụng lên các phân tử chất lỏng qua mặt tiếp xúc, tỷ lệ với diện tích mặt tiếp xúc như: áp lực khí quyển tác dụng lên mặt tự do của chất lỏng, áp lực piton lên chất lỏng chứa trong xy lanh,...

✓ Ví dụ 1:

- Tìm sự thay đổi thể tích của 1m^3 nước ở nhiệt độ 27°C khi áp suất gia tăng 21KG/cm^2 . (Cho K ở 27°C là $22,90 \cdot 10^3 \text{ KG/cm}^2$)
- Theo những số liệu thực nghiệm sau đây, xác định mô đun đàn hồi thể tích của nước. Với 35KG/cm^2 thể tích là 30 dm^3 và với 250 KG/cm^2 thể tích là $29,70 \text{ dm}^3$

Giải:

a. Ta có : $dW = - W_{dp} / K = - 1 \cdot 21 \cdot 10^4 / 22,9 \cdot 10^7 = - 9,15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

b. Mô đun đàn hồi thể tích của nước là :

$$K = -W_{dp} / dW = -30 \cdot 10^3 \cdot (250-35) \cdot 10^4 / (29,70-30) \cdot 10^3 = 21,5 \cdot 10^7 \text{ KG/m}^2$$

✓ Ví dụ 2:

Xác định lực ma sát tại mặt trong của một ống dẫn dầu có đường kính trong $d=80\text{mm}$, chiều dài $l=10\text{m}$, nếu lưu tốc trên mặt cắt ngang của ống thay đổi theo qui luật: $u = 25y - 312y^2$, trong đó y là khoảng cách tính từ mặt trong của ống ($0 \leq y \leq d/2$). Hệ số nhớt động lực của dầu $\mu = 0,0599 \text{ N.s/m}^2$.

+ Lưu tốc lớn nhất của dầu trong ống là bao nhiêu?

+ Vẽ biểu đồ chỉ rõ qui luật phân bố lưu tốc trong ống theo mặt cắt ngang ống.

Giải: • Ta dùng công thức của Newton để tính lực cản:

$$F_{ms} = \mu \cdot S \frac{du}{dn}$$

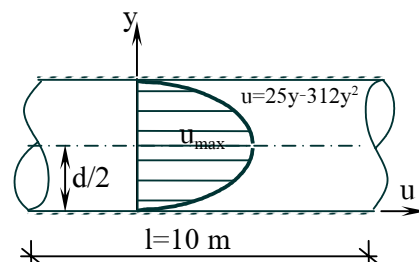
Ở đây phương n chính là phương y

Tính: $\frac{du}{dy} = u'$

$$u' = (25 \cdot y - 312 \cdot y^2)' = 25 - 624 \cdot y$$

$$u' = 0 \rightarrow y_0 = \frac{25}{624} \approx \frac{1}{25} (\text{m})$$

u_{\max} tại y_0 khi $u' = 0$, thay giá trị y_0 vừa tìm được vào u :



$$u_{\max} = 25 \frac{1}{25} - 312 \frac{1}{25^2} = 1 - \frac{312}{625} \approx 0,5 \text{ (m/s)}$$

Tính $F_{\text{mát}}$:

$$S = l \times \pi \times d = 10 \times \pi \times 0,08^m = 2,512 \text{ m}^2$$

$\frac{du}{dy}$: vì tìm ma sát tại thành ống, nên tại đó $y=0$

$$\frac{du}{dy} = 25 - 624y = 25 - 624 \times 0 = 25$$

$$\text{Thay vào: } F_{\text{ms}} = 0,0599 \times 2,512 \times 25 = 3,76 \text{ N}$$

- Vẽ biểu đồ: Đây là một hàm bậc hai với y

$$\text{Tại } u' = 0 \rightarrow y = y_o = \frac{1}{25} \text{ m} \Rightarrow u_{\max} = 0,5 \text{ (m/s)}$$

Tại thành ống $y=0$ có $u=0$ m/s. Nửa kia của ống lấy đối xứng

Câu hỏi:

1. Định nghĩa môn học, phạm vi ứng dụng và lĩnh vực nghiên cứu?
2. Khái niệm về chất lỏng trong thủy lực?
3. Nêu những tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng?
4. Hãy phân biệt áp suất thủy tĩnh và áp lực thủy tĩnh?
5. Hãy chỉ ra các trường hợp cụ thể: các khái niệm áp suất dư, áp suất chân không đưa ra là xuất phát từ thực tế tính toán, để đơn giản hóa bài toán, hoặc tượng hình.
6. Các công thức tính toán về áp lực đối với mặt cong tròn, bán kính r , có áp dụng được cho mặt phẳng không? Vì sao?

BÀI TẬP

Bài 1: Ống dẫn nước có đường kính trong $d=500\text{mm}$ và dài $l=1000\text{m}$ chứa đầy nước ở trạng thái tĩnh dưới áp suất $P_0=4\text{ at}$ và nhiệt độ $t_0=5^\circ\text{C}$. Bỏ qua sự biến dạng và nén, giãn nở của thành ống. Xác định áp suất trong ống khi nhiệt độ nước trong ống tăng lên $t_1=15^\circ\text{C}$, biết hệ số giãn nở do nhiệt độ của nước $\beta_t=0,000014$ và hệ số nén

$$\beta_p = \frac{1}{21000} \text{cm}^2 / \text{KG}.$$

Đáp số: Áp suất của nước trong ống $P=7\text{ at}$.

Bài 2: Dem thí nghiệm thủy lực một ống có đường kính $d=400\text{mm}$, chiều dài $l=2000\text{mm}$, áp suất nước trong ống tăng lên 45 at , sau giảm xuống còn 40 at . Cho biết $\beta_w = 5,1 \cdot 10^{-10} \text{m}^2/\text{N}$. Bỏ qua sự biến dạng của vỏ ống. Hỏi thể tích nước rỉ ra ngoài là bao nhiêu?

Đáp số: $\Delta W = 62,8 \text{ dm}^3$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Nguyen The Hung*, Hydraulics, Vol. 1, NXB Xây Dựng 2006.
2. *Nguyen Canh Cam & al.*, Thủy lực T1, NXB Nông Nghiệp 2000.
3. *Nguyen Tai*, Thủy Lực T1, NXB Xây Dựng 2002.
4. *Douglas J. F. et al.*, Fluid Mechanics, Longman Scientific & Technical 1992.
5. *Edward J. Shaughnessy et al.*, Introduction to Fluid Mechanics, Oxford University Press 2005.
6. *Frank M. White*, Fluid Mechanics, McGrawHill 2002.
7. *R. E. Featherstone & C. Nalluri*, Civil Engineering Hydraulics, Black well science 1995.
8. *John A. Roberson & Clayton T. Crowe*, Engineering Fluid Mechanics, John wiley & Sons, Inc 1997.
9. *Philip M. Gerhart et al.*, Fundamental of Fluid Mechanics, McGrawHill 1994.

Website tham khảo:

<http://gigapedia.org>

<http://ebookey.com.cn>

<http://www.info.sciencedirect.com/books>

<http://db.vista.gov.vn>

<http://dspace.mit.edu>

<http://ecourses.ou.edu>

<http://www.dbebooks.com>

The end